魚田　隆

MCイコライザ，3 chデバイダ組み込み

高S/Nプリアンプの製作 (2)

●フローティング＆ガーデッドを徹底しよう

DC電源部

(1)　電源トランス

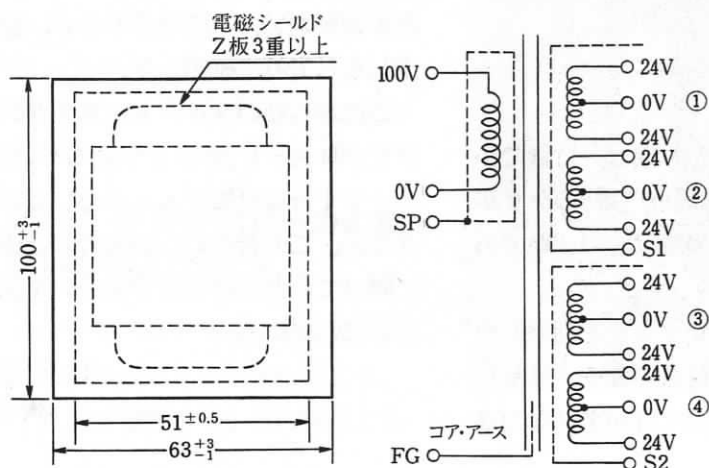
今回の製作記事の目玉のひとつがこの特注電源トランス（第6図）である．

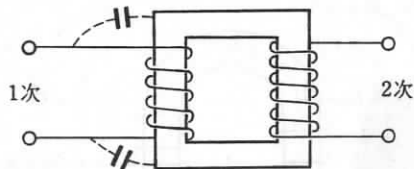
本誌でも，絶縁トランスやらAC安定化電源やらの広告試用記事があるが，私には屋上屋を重ねる気がしてならない．本質はやはり，内蔵する(作品としての完成度，美しさの問題からぜひにでも内蔵させたい）電源トランスの問題だろう．特に，漏洩磁束とコモン・モード雑音について厳重な対策を実施したい．第7図でていねいに解説する．

①　漏洩磁束：一般に，コイル(インダクタがより正しいと思うが）に流れる電流が変化するとき(電流で引き起こされた磁束が変化すると考えるべき)，そのコイルに電流の変化速度に比例した電圧が誘起される．これがファラデーの法則である．しかし，トランスの場合は逆に「印加された交流電圧に応じた交流磁束がトランスのコア内に誘導され」，そして「その交流磁束に応じた励磁電流が1次側に流れる」と考える方が，トランスの外からみた因果関係に合っている．少なくとも，使う側の立場に立っているはずだ．なぜなら電源トランスの場合は，とくに1次側印加電圧が先に決まっていて，励磁電流は必要な量が勝手に流れるのであって，ユーザーがこの値だけを気にすることはまずない．いつも2次側負荷とのトータルで計算されるからだ．この印加電圧と磁束の関係は，よく知られた次式で表される．

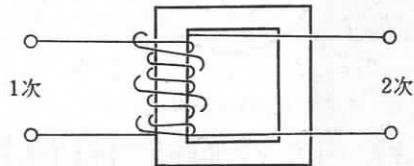
$$V[V_{rms}]=\sqrt{2}\pi\cdot f\cdot N\cdot B[gauss]\cdot S[cm]\cdot 10^{-8}$$

（参考までに今回使用のトランスでは最大磁束密度 B＝12000 gauss）

ここで大事なのは，この式はトランス内だけで成り立つのではなく，トランスから外へ出て空気中でも成り立つということだ．そして，電源トランス用コアの比透磁率(磁束の通りやすさ）は高々数百の大きさであって，なにも対策をとらないと，大雑把にみてその比で空気中に漏れ出てくる．

〈第6図〉
イコライザ用とデバイダ用に2次側を4回路とった特注トランス．全体を厳重に電磁シールドした

●まちがったイメージを与える説明

●正しい巻線のイメージ

〈第8図〉トランス巻線のイメージ

〈第9図〉トランスの1次シールドと2次シールド. ACラインはかならず3Pにし，2次シールドは出力中点に接続する

② コモン・コード・ノイズ対策/1次シールド：前述の漏洩磁束は，トランスを外付けとすれば解決するだけにまだ対策が簡単だ．ところが，本項と次項で触れる雑音要因はもっとやっかいなしろものである．

本誌でもたびたびAC電源の極性が取り上げられているが，私には中途半端でしかない．要は，AC電源入力線2本のうち，どちらが対シャーシ・GND間のインピーダンスが高いかの議論であって，所詮五十歩百歩にすぎない．

いうまでもなく電力線100Vの2本には，HOTとCOLDの区別がある．しかし，誤解のもととなる解説は，電源トランスの1次巻線についてである．ふつうコアの最内側に巻くので，そこだけ見れば巻き始めがコアに近い（Cが大きい）．しかし，1次のすぐ外側には2次巻線があり，こっちは1次の巻き終わりが近い．1次と2次間に静電シールドを施すと，このシールドに対しても，当然巻き終わりの方がCが大きい(第8図)．

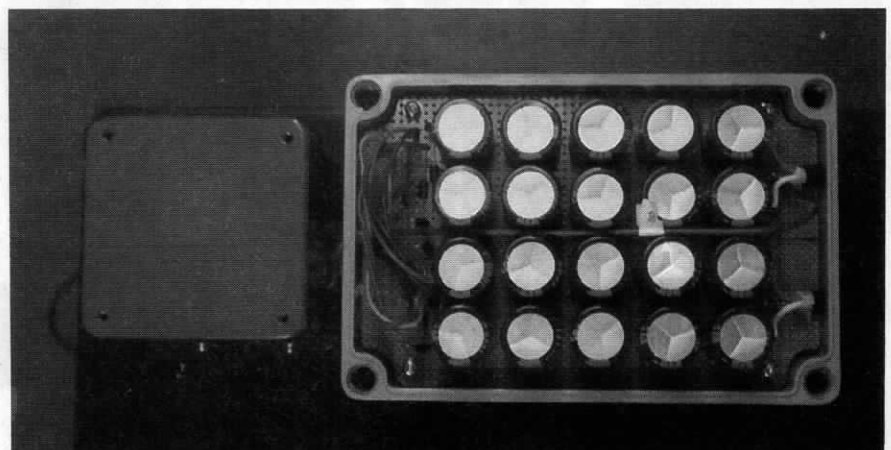
結局，巻き始めと巻き終わりの，どちらが対シャーシ間でハイ・インピーダンスであるかは，わずかな差でしかない．こんなことを議論するくらいなら，まずは1次巻線の内外側とACラインの通路をそっくり静電シールドすべきである．このとき，忘れてならないのは給電側AC電源タップの3P化であり，電源ケーブルの2芯シールド線化であって，これを省略してAC極性がどうのこうのは，順序が違う．

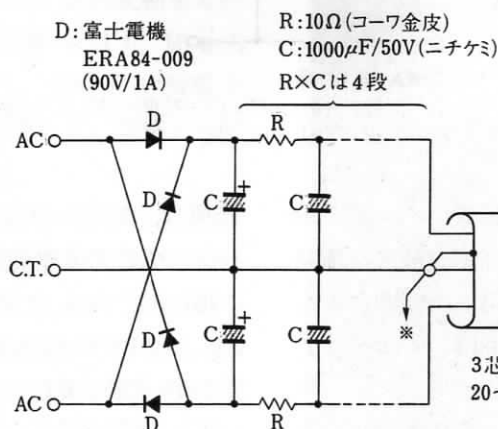
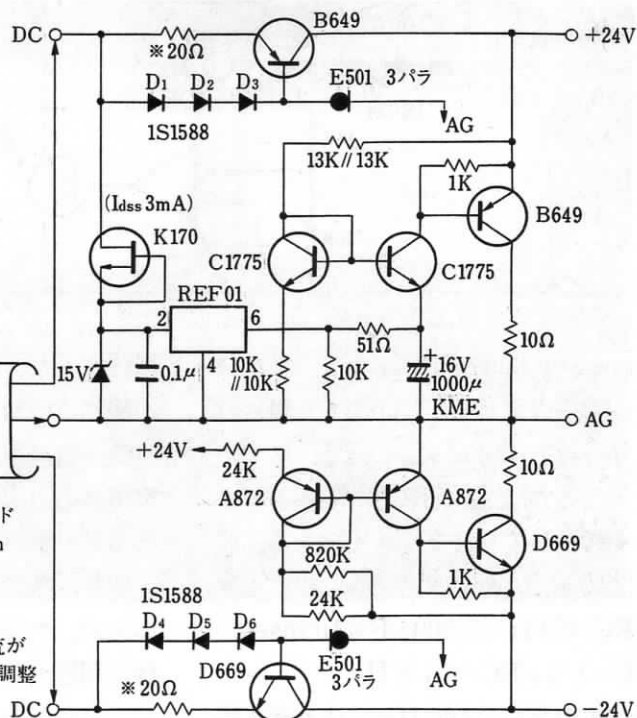
もちろん，そういうトランスは高価につくが，絶縁トランスを外に追加するよりはるかに安いはず．本質を追求しないで，小手先のアクセサリーが多過ぎはしないか，と私は思うのだが．

ここまでの話で，1次シールドが必須であると理解してもらえたであろうか．しかも，コモン・モード対策なので，プリアンプのみならずパワー・アンプも一蓮托生なのだから始末に悪い．が，いたしかたない．

③ コモン・モード対策/2次シールド：前項も含めて，要はAC電源によるコモン・モード雑音電流をいかに信号リターンに流さないかに尽きる(第9図)．たったそれだけを実現することがいかに困難であるかは，日夜精密アナログ電子回路の設計製作に従事している技術者なら，痛感していることであろう．王道はなく，地道な対策の実践のみ．

しかし，引き回しの規模が小さく，かつ周囲と独立した一般家庭のオーディオ装置なら実現は可能なはず，との前提で進める．つまり，AC電源を内蔵するのはソース（CD）と本プリアンプとパワー・アンプ（複数）の3段階にとどまり，その間を結ぶ接続ケーブルを含めて，信号リターンにコモン・モード電流を流さないためには，リターンと独立並行してもう1本のコモン・モード専用線をひけばよい．

そして，これが最重要だが，すべての回路を2重シールドする．この回路方式をアナログ計測屋は，フローティング&ガーデッドと呼ぶ（以下F&Gと略）．そのための重要部品が特注した2重シールド・トランス

●整流電源部ケース内のクローズ・アップ

〈第10図〉整流回路と定電圧回路．整流後出力は4段のRCフィルタを通し，リップル電圧を1mV以下に抑える

である．配線規模が大きい放送局では，平衡伝送と並び，このトランスが標準仕様ではないかナ．

というと触れないわけにいかないが，最近一般家庭用でも，平衡入出力を売りものにした装置が販売されていて，本誌にもいろいろ紹介されている．が，しかし肝心のアンプ内部ではシングル・エンド増幅で，前後に変換アンプが余計に付加されているのでは，アホか(失礼！)といいたくなる．狭い家庭内で使用する装置は，マネする以前に，得られる益と変換アンプの害をよくよく比較検討すべきであろう．

変換アンプは省いて，装置間の接続ケーブルを短かくするに越したことはない．唯一例外は，プリアンプの送り出しをバランスとし(ケーブルも長い)，パワー・アンプ側はバランスのまま増幅してBTL化する場合で，これなら理にかなっている．

(2) 整流と平滑回路

整流回路を**第10図**に示す．

① 中点タップ・トランスと整流素子：DC電源は±24VをEQとフィルタ部に分け，左右独立なので計4組必要となる．

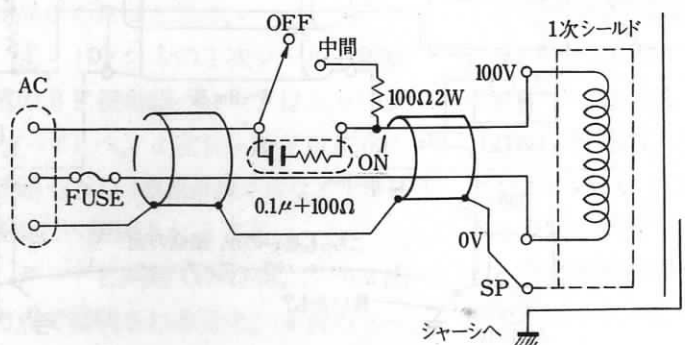
前述のように，トランス2次側は左右独立に静電シールドを施してあるので，整流平滑部もケースを分けたいが，シャーシ上スペースに限りがあり，Dケース内にRとLを2階立てで収納する(ここでの手抜きがクロストーク悪化に影響するかは，製作後に測ってみよう)．

正負電源は独立巻線＋個別整流の例も多いが，ここはシンプルに中点つき巻線をブリッジ整流する(わざわざ独立させる理由が私にはない)．

整流素子はSBDに限るが，高耐圧品が少ないので候補は絞られる．約24Vの整流なので(逆耐圧70V以上)，富士電機ERA84-009は90V仕様で，もう少し余裕が欲しい(本来なら定格の70%，できれば50%で使いたい)が，入手性と単価が安い(@50円くらい)のを評価して採用する．

そのぶん1次側には気を使って，AC OFF時対策のスナバを挿入する．また，電源投入時のインラッシュを抑えるため，前述の富士通製ショート・タイプのロータリーSWを1コ跳びに変更し，100ΩをON/OFF時に経由させる．この部分をわかりやすく回路にすると，**第11図**のようになる．

したがって，電源ON/OFF時にSWつまみを中間に保つとこの100Ωが過熱するので，クリックの中間点にムリに停めてはならない．

② 多段平滑フィルタ：整流直後は1,000μFのC入力とする．負荷はDC60mA予定なので，50Hzの全波整流では，Vr＝60mA・10

〈第11図〉電源トランス1次側の配線．ACラインも2芯シールドを使うこと

測定データ

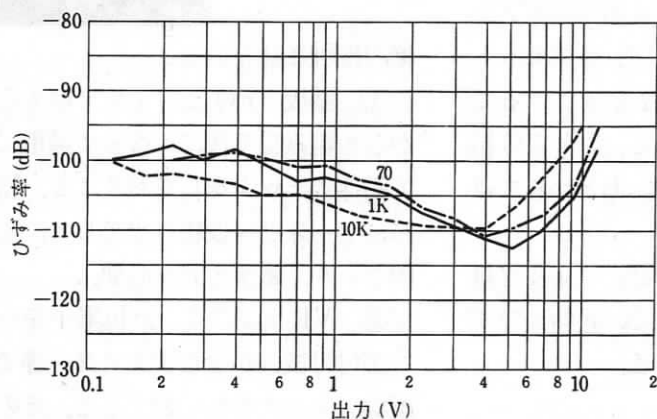
以下のデータはすべて松下オーディオ・アナライザ（VP 7725 B. 以下VP）とHP製DMM（HP 34401 A F特でのレベル計として使用）をパソコンにてGP-IB制御して，自動計測したものである．特に，ひずみ率測定はVPのTHDモードで測ったデータなので，従来の雑音ひずみ率とは異なるので留意されたい．

ひずみ成分と雑音はともに不要成分とはいえ，発生要因が異り，したがって対策手法もまったく異なるので，分けて考察すべきものと筆者は考えている．本機のように超低ひずみ率となると，雑音レベルとコンパラになってしまうので，THDモードは必須ともいえる．

実測データでは，さらに2次3次ひずみを独立して取ったが，紙数節約のためにTHDデータのみ3本重ねて表示することとした．

(1) EQ部

① f特（第15図）：MC入力端子から0.5 mV（一定振幅）を与え，メイン出力をDMMへ接続した．したがって，フィルタ部の基本アンプを1段分経由していることになる．出力は20 Hzでは5 V近いレベルで，20 kHzでは50 mVくらいまで下がっている．DMMはオートレンジ，外部トリガ・モードで動作した．なお，測定系のf特は0.5 Vではフラットネスを確認したが，レンジ間誤差は見ていない．

〈第15図〉イコライザのRIAA偏差．+0.2，−0.1 dB内に収まっている

〈第16図〉イコライザ部のひずみ率特性

データはR，L間でほとんど差がないので，片chのみ示す．100〜200 Hzで0.2 dBほど持ち上がっているが，おおむね良好である．もし気にするならば，C2を0.015 μFほど大きくするとよい．

② ひずみ率（第16図）：MC入力端子から2.5 dB刻みで各信号を与え，入力セレクタ点で取り出した10 k/1 k/70 Hzでのデータ（100 Hzでないのは，後述のフィルタ部との兼ね合いである）．EQ前段でのNF量が少ないせいか，70 Hzのひずみがやや大きい．逆に10 kHzのひずみが（3 V以下で）小さいのは，前段での発生ひずみ成分が，段間のCRで圧縮されるためと思われる．振幅が大きくなると，10 kHzの悪化が早いのは，後段アンプ，特に2段めのTrに起因すると思われ，もう少し改善の余地があるようだ．2〜5 Vの範囲では−105 dBcを下回っており，最小ひずみは−110 dBcに達しているので，所期の目標は達成したといえる．10 kHzのひずみ対策は検討して，機会があれば発表したい．

(2) フィルタ部

① f特（第17図）：CD入力端子から2 Vを与え，各ch出力をDMMへ接続した．上の曲線が左目盛，下の曲線は右目盛に合わせて拡大して表示されている．これもR，L間に差がないので，片chのみ示す．なお，通過損失が0.4 dBほどあるのは，フォロア1段だけでゲインをもっていないためである．

CR素子に1%品を採用したので，予定どおりのf特となった．これを見て改めて思うのだが（いまさらいいにくいが），果してこれは使用予定スピーカと聴取室にとって最適の分割特性だろうか，ということだ．

〈第17図〉フィルタ（チャネル・デバイダ）の周波数特性

意．

(c)　プリアンプへの各種接続ケーブルを通して入る雑音．特に，AC ラインのコモン・モード電圧により，機器相互の接続ケーブルに流れる雑音電流，なかんづく MC からの入力ケーブルに流れる雑音電流が問題．対策は電源トランスの1次2次シールドとシステムのF＆G化．AC 電源の3Pタップ（AC-GND）使用．

いうまでもなく，これらの要因が合算されて MC アンプの入力換算雑音として評価されるので，バランスよくすべてについて設計・実装上の対策を施さねばならない．結果としてどこまで低雑音化に成功したかは，製作記事である以上，測定条件を明記して公表すべきであろう（プリアンプなら必須）．

たとえば，アンプの入力コネクタ点でいわゆる入力ショートした単体出力での残留雑音測定では，(c)の影響が過小評価されてしまう．あるいは，(b)の影響も雑音測定時と実稼動時では異なるかもしれない．

本来なら，システムに組み込んで MC と接続し，パワー・アンプ出力点で測定・評価されるべきであるが，前後の機器が共通指定化されない以上，単体での試験はやむをえない．こんなところにも，測定データと聴感との相関がときとして一致しない理由があるのではなかろうか．

おわりに

ひずみ率データがいくらよくても，オーディオ機器の真価は音にある．かって耳になじんだバッハのトリオ・ソナタ BWV 525 を聴いた．古い愛聴盤（アルヒーフ 198 156）は 30 年来の音を変わらず響かせる．パイプ・オルガン（シュニットガー社，録音は 1956 年 9 月）の音色に深い感動がよみがえる．

20 年かけて CD は世に定着したようだが（SONY の第 1 世代機 CDP 101 に飛びついて以来，何代かを経て，いまでは CD が私のメイン・ソースだ），果して当時の CD は今後も末永く安定して音が出るのだろうか．あるいは SACD が定着する以前に，DVD-AUDIO など別のメディアが後に控えて，20 年後は何が主流になるのか見当もつかない，そんな混沌としてきた現代に，時代遅れのロートルがなお LP にしがみつく理由がわかるような気がする．

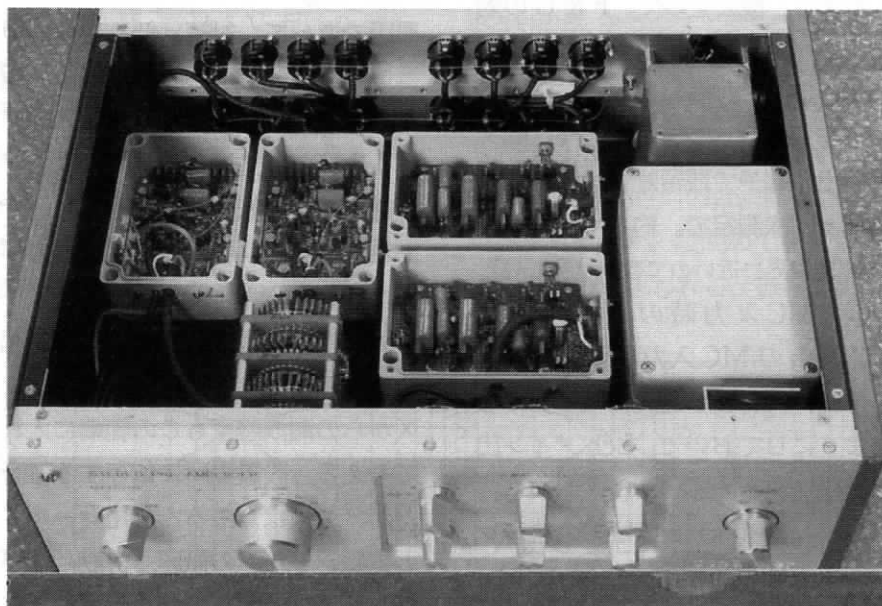
今回のプリアンプ新調に合わせて，SP システムも一新した．38 cm ウーファが入る 170 *l* バスレフ箱を密閉化，ホーン・スピーカも廃止してパイオニア TS-M 1 RS と DYNAUDIO T 330 D へ入れ替えた．本誌の影響が大きいのを認めよう．

特にバスレフについて触れておきたい．

これは 20 年ほど前に TAD 1601 a を購入したときに，深く考えず（当然の選択として）バスレフ箱を作った．いまにして思うと，これは出力トランス付き管球アンプの低域の貧弱な出力を共鳴を利用して補う方式．20 Hz まで 100 W でも 200 W でも良質な出力が容易に得られる半導体アンプでは，本誌上にあるように電気的補正（または MFB 採用か．いずれにせよ追加回路は専用パワー・アンプ内蔵が適切だろう）で対処するのが正しい，と確信している．

すなわち，バスレフ箱は管球式パワー・アンプに適合したもの．同様に，LP レコードも真空管時代のもので，MC ステップアップ・トランスと管球プリアンプが本来の姿ではなかろうか．本機のように，高 g_m FET の MC 直結アンプは LP の美学（？）に似つかわしくないかもしれないですね．

時代ごとの様式美にこだわるなら，CD (SACD) にはやはりデジタル・アンプだろう．その前にスピーカを何とかしなければなるまい．

というわけで，遅ればせながら筆者も，単発サイン波に限らず，2 波 3 波サイン波の時間波形と FFT データを取りながら，これからじっくりとおのおのｆ特をチューニングする予定．そのための有力なツール（2 ch 高速 A/D＋D/A 信号源）を準備して実験を開始したことを報告して，本稿のおわりとしたい．

●配線にはすべて2芯シールド線が用いられている